MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ PALÉONTOLOGIQUE SUISSE

VOLUME XIV. 1887

CONSIDÉRATIONS

SUR LES

FOSSILES DÉCRITS COMME ALGUES

PAR

Le Dr GUSTAVE MAILLARD
Conservateur du Musée départemental d'Annecy.



GENÈVE
IMPRIMERIE CHARLES SCHUCHARDT
1887

CONSIDÉRATIONS

SUR LES

FOSSILES DÉCRITS COMME ALGUES

CHAPITRE I

Historique.

Depuis qu'Adolphe Brongniart eut publié, en 1828, son *Histoire des végétaux fossiles*, tous les paléophytologistes venus après eurent, comme lui, à faire connaître des formes plus ou moins problématiques, restes d'organismes ayant autrefois peuplé les anciennes mers et que l'on retrouve aujourd'hui au sein des couches terrestres.

Brongniart rangea celles qu'il décrivit dans la classe des Algues, sans cependant donner les raisons qui l'y déterminaient. Il fit seulement quelques réserves quant à leur classification.

Sans entrer ici dans le détail de la littérature concernant ces organismes, je rappellerai seulement que la plupart de ceux qui eurent à s'occuper de ces derniers suivirent l'exemple de Brongniart et que ces formes furent généralement regardées comme les restes fossiles d'anciennes algues marines. La sculpture apparente de leur surface, parfois d'une étonnante régularité, de même que les ramifications observées sur d'autres formes, à

défaut d'autres caractères probants, semblaient justifier cette manière de voir, et malgré quelques doutes qui s'élevèrent, cette opinion prévalut chez la grande majorité.

Les différentes formes dont il s'agit sont surtout nombreuses dans les terrains paléozoïques, en particulier dans le Silurien (*Cruziana*, *Harlania* ou *Arthrophycus*, *Bilobites*, *Oldhamia*); elles diminuent fortement depuis le Dévonien et n'acquièrent de nouveau quelque importance qu'à partir du Lias (*Chondrites*, *Sphærococcites*, *Fucoïdes*, *Theobaldia*, *Cylindrites*, *Munsteria*, *Gyrochorte*, etc.). Elles continuent dès lors, en séries ininterrompues, à travers le Dogger, le Malm et le Crétacé, où s'ajoutent à la liste ci-dessus les *Nulliporites*, *Discophorites*, etc., et atteignent, dans le facies connu sous le nom de Flysch, c'est-à-dire dans une partie du grès de Vienne, de l'Éocène alpin et subapennin, un développement considérable; de ces derniers terrains on cite les *Caulerpa*, de nombreux *Chondrites*, *Palæodictyon*, *Munsteria*, *Helminthoidea*, *Halyménites*, *Tænidium*, etc.

On trouve dans les ouvrages de Sternberg, Unger, Ettinghausen, Fischer-Ooster, Heer, Saporta, Schimper les descriptions de ces organismes ou les discussions relatives à leur nature. Tous s'accordent à leur attribuer une origine végétale. Dans son Traité de paléontologie végétale, Schimper admet sans explication la nature végétale de ces organismes; il en fait de même dans le *Handbuch der Palæontologie* publié par M. Zittel, et ajoute un certain nombre de noms nouveaux. Nous renvoyons aux ouvrages de ces savants pour la description des différentes formes.

En 1880, un éminent naturaliste suédois, M. Alfred G. Nathorst de Stockholm exposa les scrupules qui le poussaient à mettre en doute l'exactitude des opinions admises; il chercha à prouver par des expériences multipliées et exécutées avec le plus grand soin, que la plupart de ces « organismes » n'étaient que des pistes d'animaux marins, ou d'autres corps solides, tracées sur le sable ou la vase au cours de leur locomotion, et qu'il n'y avait en eux que la forme extérieure qui, quelquefois, rappelât un végétal.

M. Nathorst donne à la fin de son travail (*Mémoire sur quelques traces d'animaux sans vertèbres et sur leur portée paléontologique*, Stockholm, Comptes rendus de l'Acad. royale des sciences, tome 18, nº 7, 1881) une

liste très complète de la littérature des Algues fossiles. J'y renverrai le lecteur que ce sujet pourrait intéresser.

Une opinion qui venait ainsi heurter de front toutes les idées reçues ne pouvait manquer de soulever de vives discussions; c'est ce qui arriva : M. de Saporta défendit énergiquement la manière de voir des paléophytologistes (*A propos des « Algues fossiles,* » Paris, Masson 1882 et les *Organismes problématiques des anciennes mers,* id., ibid., 1884). Oswald Heer, ancien maître de M. Nathorst et qui, au cours de sa correspondance avec lui, en avait critiqué les idées, se borna, après l'apparition de cet ouvrage, à les discuter dans ses lettres, sans livrer son opinion à la publicité.

Cette polémique passionna assez vivement les naturalistes, et les opinions se partagèrent, la plupart faisant adhésion à M. de Saporta, d'autres donnant raison à M. Nathorst. Celui-ci avait fait suivre le texte suédois d'une traduction française malheureusement abrégée, mais qui en avait rendu l'intelligence facile à tout le monde. M. Th. Fuchs, de Vienne, se prononça entre autres en faveur de M. Nathorst et émit ses raisons dans une longue lettre reproduite par ce dernier dans le texte français. De même M. le professeur Schenk partagea cette manière de voir et, quand il reprit, après la mort de Schimper, la rédaction de la partie botanique du *Handbuch der Palæontologie,* il exclut des végétaux une grande partie des Algues décrites par ce dernier, en ne donnant cependant que très brièvement ses raisons.

Ce fut seulement en 1886 que M. Nathorst put entreprendre de répondre aux objections formulées; il le fit dans un mémoire intitulé : *Nouvelles observations sur des traces d'animaux et autres phénomènes d'origine purement mécanique et décrits comme algues fossiles* (Comptes rendus de Stockholm, tome 21, nº 14). Il confirma ses premiers résultats et ajouta d'autres expériences sur la nature des *Harlania* et des *Chondrites.* Ce travail remit sur le tapis une question sur laquelle les opinions paraissaient s'être faites et lui donna une nouvelle actualité.

Au cours de mes travaux dans les collections géologiques du Polytechnikum, je fus chargé de la réorganisation et du classement définitifs de nos séries de plantes fossiles et j'eus naturellement à m'occuper des « Algues; » je fus obligé de me former une opinion sur leur véritable

nature; grâce aux agréables relations qui me lient à M. le prof. C. Schröter, professeur de botanique de ce même établissement, je fus rendu attentif au dernier travail de M. Nathorst et fis quelques recherches dont je demande la permission d'exposer ici le résultat, en me plaçant, autant que possible, uniquement sur le terrain des faits et de l'objectivité. Il ne me sera possible de traiter d'une manière un peu spéciale que les Algues fossiles de la Suisse, qui se trouvent en majeure partie dans le Lias, le Crétacé inférieur et le Flysch; ce sont en effet les seules dont j'aie eu à ma disposition des séries suffisamment abondantes. Au cours de ce travail je serai obligé d'employer le mot d'*Algues* pour toutes les formes dont il s'agit, quitte, pour les vraies Algues, à restreindre le sens de ce terme, cela afin d'éviter de fastidieuses périphrases.

M. Nathorst a bien voulu me confier une série de ses produits d'expérimentation; M. le professeur C. Cramer a mis à ma disposition ses riches collections d'Algues vivantes et celles de notre École fédérale; M. Baltzer m'a laissé examiner les fossiles du Musée de Berne; j'ai obtenu de M. le prof. Heim, directeur des collections géologiques du Polytechnikum, la libre utilisation des nombreux matériaux qui y sont renfermés et dont plusieurs sont des originaux d'Oswald Heer; enfin M. le prof. Treadwell a bien voulu me prêter son concours dans quelques recherches chimiques. Qu'ils acceptent ici l'expression de ma bien vive gratitude.

CHAPITRE II

Apparence extérieure. Deux catégories.

Si l'on compare entre elles, dans leur ensemble, toutes les formes décrites comme Algues, on s'aperçoit qu'il faut les diviser en deux catégories bien distinctes, bien tranchées, sans aucune transition de l'une à l'autre.

Dans la *première,* elles se présentent sous la forme de simples élévations

demi-cylindriques ou plus ou moins déprimées à la face inférieure des couches; elles sont constituées par la substance même de cette couche, par la roche elle-même, possèdent la même pâte, le même grain, la même couleur que celle-ci, *sans aucune immixtion d'une substance étrangère à la roche, d'une matière qui leur fut propre et spéciale.* Les objets en eux-mêmes ne sont pas des corps isolables, mais de simples apparences à la face inférieure de la couche. Ils sont ce que M. Nathorst nomme fossilisés en demi-relief. Au cours de ce travail nous les nommerons brièvement des *demi-reliefs.* Ils font corps avec la roche et ne peuvent s'en isoler.

Se rangent dans cette catégorie :

1° La plupart des nombreuses formes des terrains paléozoïques, comme *Crossochorda*, *Cruziana*, *Harlania*, peut-être *Spirophyton* et *Alectorurus ;*

2° Dans les terrains mésozoïques les *Helminthopsis*, *Gyrochorte*, *Cylindrites* du Lias;

3° Dans le Tertiaire, les *Helminthoïdea, Palæodictyon*, *Münsteria*, du Flysch alpin.

Dans la *seconde* catégorie, nous classons les formes qui se présentent comme corps isolables de la roche; elles sont le plus souvent cylindriques ou membraneuses, actuellement plus ou moins aplaties par la pression. Quoique leur masse composante soit en général peu différente de celle de la roche, ces corps renferment cependant presque toujours une substance étrangère, concentrée en eux seuls ou au moins ne se retrouvant pas au même degré dans la roche encaissante.

De ce nombre sont :

1° Dans le Jurassique, les *Chondrites*, *Theobaldia*, probablement les *Discophorites* et les *Gyrophyllites* du Lias alpin, les *Chondrites* et *Taonurus (Cancellophycus*, *Zoophycus)* du Dogger, les *Nulliporites (Chondrites) hechingensis* de la base du Malm ;

2° Dans le Crétacique les *Chondrites, Taonurus, Caulerpa, Sphærococcites, Discophorites*, *Gyrophyllites ;*

3° Dans le Tertiaire les *Chondrites*, *Caulerpa*, *Tænidium*, *Halymenites*, *Hormosira*, *Sphærococcites*, *Gyrophyllites*, *Nulliporites, Aulacophycus*, *Taonurus.*

Ces catégories sont bien distinctes l'une de l'autre; il n'y a entre elles aucune transition. Cela semblerait indiquer une nature, une origine différentes.

CHAPITRE III

Expériences de M. Nathorst.

M. Nathorst résolut, pour arriver à un résultat, de recourir à l'expérimentation afin d'obtenir des matériaux de comparaison qui, cas échéant, lui fourniraient des analogies. D'une part il imita artificiellement, d'autre part il vit se reproduire par des moyens naturels, la plupart des formes de la première catégorie, ces demi-reliefs, à l'état d'empreintes en demi-cylindres creux à la surface supérieure de la couche; un coulage de plâtre pardessus, jouant le rôle de la couche supérieure, moulait cette forme en demi-relief, à la face inférieure.

Dans ses deux ouvrages, l'expérimentateur décrit d'une manière très complète ses procédés et les résultats obtenus. Je ne ferai ici que les résumer brièvement. Il prit du limon de la mer, ensemble avec de l'eau marine, dans des vases de verre, et l'abandonna à lui-même. Le limon se déposait, se tassait légèrement, et *au bout de quelques heures*, quelquefois même déjà le matin suivant, sa surface se trouvait sillonnée par les pistes d'une multitude d'animaux qui y avaient grimpé de l'intérieur. Il y avait surtout des pistes de Crustacés et de Vers, mais aussi de Mollusques *(Nucula)* et d'Astéries *(Amphiura)*. En moulant ces empreintes dans le but de les conserver, M. Nathorst obtint des négatifs en relief, qu'il figure dans ses ouvrages,

Pour reproduire les *Cruziana* et les *Harlania*, le savant suédois dut recourir à un autre moyen. Il prit un rouleau de bois, tournant autour d'un axe longitudinal et taillé en forme de deux olives réunies bout à bout, sillonnées chacune en forme d'hélice l'une en sens inverse de l'autre;

il obtint ainsi une empreinte plus ou moins profonde, divisée longitudinalement et parcourue de côtes obliques disposées en chevrons qui n'étaient autres que le négatif des sillons du rouleau; le moulage de cette empreinte imitait assez bien les *Cruziana* et *Bilobites.* En faisant toucher le sol à l'une ou à l'autre des olives il reproduisit facilement tous les phénomènes de croisement apparent que l'on observe dans ces pistes.

Il imita les *Harlania* au moyen d'un rouleau unique, tournant de même autour d'un axe horizontal, et sculpté de sillons méridians, c'est-à-dire parallèles à cet axe; le négatif de l'empreinte obtenue fut un demi-relief avec des côtes transversales.

M. Nathorst compare ses produits d'expérimentation avec les formes douteuses décrites comme Algues et trouve entre les deux les plus grandes analogies (voir : « Traces d'animaux sans vertèbres, » traduction française, p. 82 et suivantes.) Nous résumons ces dernières comme suit :

Tous ces produits ont la forme commune du demi-relief, et ont un aspect qui n'offre aucune ressemblance avec ce qu'on connaît des Algues dans la nature actuelle. Les Algues imitées par M. Nathorst se trouvent toujours à la surface *inférieure* des couches et ne pénètrent jamais à leur intérieur; quand on en trouve à la face supérieure, c'est toujours à l'état d'empreinte, jamais en relief. Elles sont toujours absolument dépourvues de substance organique, ou n'en renferment qu'au même titre que la roche. Leur matière fossilisante ne diffère en aucune façon de celle de la roche elle-même.

On voit que tous ces caractères se rapportent exactement aux Algues que nous avons réunies plus haut dans notre première catégorie, et que les expériences indiquées en reproduisent la plupart.

Quant à la valeur de ces expériences mêmes il me semble qu'elle est bien différente selon qu'on s'est servi de moyens naturels, comme de laisser les animaux à eux-mêmes sillonner la vase dans toutes les directions et chacun selon leur mode particulier, que l'on livre enfin la nature à ses seuls procédés et qu'on la laisse se reproduire elle-même dans ses phénomènes, se répéter pour ainsi dire, ou bien au contraire que l'on a recours à des moyens artificiels tels que des rouleaux qu'on promène sur la surface de la couche. Les premiers nous expliquent directement un mode

d'origine probable de ces formes, puisque c'est la nature elle-même qui travaille selon ses règles et ses procédés et sans direction ni secours extérieurs, tandis que les seconds ne font qu'imiter la forme obtenue, mais non point probablement le mode d'opération. M. Nathorst n'a point trouvé d'animaux reproduisant par leur seule locomotion des formes pareilles aux *Cruziana* et *Harlania*, et il m'est difficile de concevoir chez un animal rampant ou enfin se mouvant sur la vase, un mouvement de rotation semblable à celui auquel il a eu recours.

Ceci dit en passant seulement et pour donner à ces expériences la valeur qui me paraît leur appartenir. Il est fort possible qu'un jour ou l'autre on découvre un animal marin répondant à ces exigences et alors nous serons entièrement convaincus. Jusque-là, malgré notre sentiment intime qui s'accorde pleinement sur ce point avec M. Nathorst, le manque de preuves décisives m'empêchent de considérer la question des Cruziana comme entièrement résolue.

Le 14 février 1887 M. le prof. Bureau annonça à l'Académie des sciences que, d'après ses recherches, les Bilobites du Silurien n'étaient que de simples pistes.

Les pistes obtenues par M. Nathorst ne s'entrelacent jamais. Elles ne peuvent le faire, à cause de leur mode même de formation. Une piste qui passe sur une autre passe en même temps sur toutes les plus anciennes. Ce fait constitue un point de repère inébranlable, mais il est parfois fort difficile de le constater d'une manière certaine. Dès que l'on observe un entrelacement évident de formes continues, celles-ci ne peuvent être des pistes.

Les arguments que met en avant l'auteur suédois me semblent parler suffisamment en faveur de sa manière de voir, quant aux Algues de notre première catégorie, de même que la netteté parfois surprenante de ses produits d'expérimentation. Il est en outre frappant que la plupart des objets sur lesquels on était plus ou moins dans le doute présentent justement cette particularité d'être fossilisés en demi-relief et de ne se trouver qu'à la face inférieure des couches. Ce fait a une grande valeur. Nous ferons du reste de ce procédé de fossilisation l'objet d'une étude spéciale.

CHAPITRE IV

Fossilisation en demi-relief. Formes de la première catégorie.

La fossilisation en demi-relief est le moulage naturel d'une empreinte ; elle donne un bas-relief et ne peut se produire, comme cette dernière, que sur une surface. Nous l'avons vu fréquente pour les pistes d'animaux, elle constitue les *négatifs* des empreintes physiologiques de d'Orbigny.

M. de Saporta s'est engagé à ce sujet, avec M. Nathorst, dans une discussion très détaillée, et n'admet pas la valeur de ce phénomène comme prouvant l'origine animale d'une forme fossile. Nous allons suivre cette discussion.

M. de Saporta en vient à conclure que des végétaux peuvent, comme des pistes, se fossiliser en demi-relief à la surface inférieure d'une couche, tandis que *leur* face inférieure disparaîtrait progressivement sous l'influence de la pression et de certaines décompositions chimiques. Tout en concédant en quelque mesure cette fossilisation en demi-relief, il me semble difficile d'admettre cette disparition de la face supérieure et voici pourquoi :

La face supérieure du fossile, rameau, feuille ou autre organe, reçoit le sédiment nouveau, mécanique ou chimique, qui finit par ensevelir ce corps. Ce sédiment est encore excessivement mobile et, s'il se montre, comme à Cirin où M. de Saporta choisit son exemple, d'une ténuité extrême, il est d'autant plus capable de prendre la forme du corps étranger qu'il enfouit, de le mouler. La pression exercée par le sédiment lui-même ne pourra que l'aider encore à prendre cette empreinte, et, loin de disparaître à la face supérieure, *elle s'accentuera.*

Au contraire, la face inférieure repose sur une couche inférieure, plus ancienne; par cela même que c'est une autre couche, puisque c'est de vraies couches dont nous parlons, il y a eu arrêt de sédimentation, tassement des matériaux meubles en un corps plus résistant.

Donc la pression exercée par le nouveau sédiment aura pour résultat d'exercer contre ces parties plus consolidées un frottement plus fort du corps organique à sa face inférieure, de favoriser aussi la dissolution progressive de cette face; celle-ci, pour ces deux raisons, s'usera plus rapidement, au fur et à mesure le détail s'en effacera et au lieu d'une empreinte plus nette nous aurons à cette face supérieure du lit du fossile une empreinte moins précise, le fossile sera même soudé à la couche inférieure, et le moulage négatif de ce fossile, au lieu de se présenter sur cette couche, se verra à la face inférieure de la couche supérieure, résultat précisément contraire à celui auquel arrive M. de Saporta.

Il y aurait un cas, où, le corps venant à disparaître, la couche supérieure viendrait à mouler en relief l'empreinte laissée dans le limon; ce cas ne pourrait être que peu possible, ou bien nous devrions le trouver généralisé pour un même gisement. Nous traiterons de ces cas de généralisation et nous nous expliquerons.

M. de Saporta se fonde, pour son raisonnement, sur le cas d'un rameau de Conifère des couches de Cirin reproduit en demi-relief. Mais il ne me semble pas tenir un compte suffisant du fait que c'est là un cas isolé dans ces couches, et qu'au contraire, dans ce même gisement, les feuilles de *Zamites Feneonis*, par exemple, sont fossilisées d'une tout autre manière : elles sont plus ou moins carbonisées, et se détachent parfaitement de la roche. Il oublie ce fait reconnu, c'est que, pour une même couche, je dirai même pour une seule et même roche, et pour des organismes semblables, le mode de fossilisation est sensiblement le même. C'est surtout le cas pour les fossiles végétaux, dont l'apparence est presque toujours caractéristique pour chaque gisement : la flore de nos gisements suisses : Hohe-Rhone, Monod, Eritz, Œningen, la Schrotzburg, Saint-Gall, le Locle a dans chacune de ces localités une physionomie particulière; il en est de même pour Häring, Monte Bolca, Bilin, Aix, Alum-bay, Sheppy, Münzenberg, Saint-Étienne, Atanekerdluk au Groënland, Cap Staratschin au Spitzberg, Alaska, etc. Jamais, parmi les dix à quinze mille exemplaires de ces plantes que j'ai eus entre les mains, je n'ai trouvé d'exception si frappante que celle que cite le savant français. Je n'admettrais donc ce dernier cas que sous beaucoup de réserves (voir de plus Nathorst, *Nouvelles observations*, p. 13).

Ainsi l'isolement même de ce fait parle contre l'acceptation, dans notre cas, du procédé auquel on l'attribue.

La fossilisation des corps organisés dans une couche dépend d'un ensemble de phénomènes très généraux par leur nature même, et qui communiquent leur effet simultanément à un grand espace. Ce sont : 1° la nature enfouissante; 2° la pression exercée; 3° les agents chimiques, minéralisateurs, dissolvants, et autres.

Quand les éléments d'une couche, y compris les corps étrangers qu'elle renferme, sont soumis à l'influence d'une action de ce genre, *ils le sont tous selon leur mesure et leur susceptibilité. Quand une couche a ses fossiles déformés par la pression, ils le sont tous, de manières différentes il est vrai, mais ces cas particuliers se réduisent, dans un même ensemble, à un seul type général.* Dans les schistes oxfordiens du Muveran, aux Alpes vaudoises, toutes les Ammonites gisant, sur les flancs de la voûte couchée, parallèlement à la surface des lits, se trouvent ainsi couper la schistosité transversale qui affecte ces schistes : elles sont *toutes* déformées et comprimées latéralement. Dans le calcaire qui les surmonte, de même que dans celui de la Windgälle au canton d'Uri, qui sont tous deux étirés par les actions orotectoniques, les Bélemnites sont *toutes* tronçonnées. Quand les fossiles ou les cailloux sont écrasés ou impressionnés, ils le sont *tous* plus ou moins. Une cause générale appelle des effets généraux. Or la pression, qu'elle provienne d'une accumulation de sédiments ou d'une action orotectonique, est, plus que toute autre, une cause générale qui se fait sentir au moins sur tout un gisement. Et comme M. de Saporta en invoque l'influence dans le cas dont il parle, elle aurait dû agir non seulement sur un rameau de Conifère, mais, plus ou moins, sur l'ensemble de la flore de Cirin, et celle-ci aurait dû recevoir d'elle son cachet particulier de fossilisation, tout comme les flores citées plus haut ont reçu d'autres agents, chacune le leur.

Je crois donc que le fait cité par M. de Saporta est dû à un autre procédé, lequel rentrerait dans le type général de la flore de Cirin.

Il résulte de ce qui précède que : 1° si les plantes peuvent se fossiliser en demi-relief, ce fait doit présenter, là où on le constate, un caractère de généralité; 2° que ces apparences doivent se rencontrer à la face supérieure de la couche.

De plus la consistance molle des Algues baignées par l'eau les empêche absolument de pouvoir supporter la pression nécessaire à la production du demi-relief, c'est-à-dire d'imprimer leur forme en sillon demi-cylindrique à la surface d'une couche, sans s'aplatir totalement. Ce seraient de vagues linéaments que nous devrions rencontrer, et non des demi-cylindres parfaitement délimités. De simples chapelets de cellules protoplasmiques ne peuvent rester arrondis au milieu de couches où des troncs d'arbres sont écrasés. Les *Equisetum columnare* et quelques *Calamites*, que nous retrouvons encore intacts dans les grès du Trias ou du Houiller, doivent cette conservation au fait que leurs cellules sont incrustées d'un fort revêtement de silice, ce qui n'est point le cas général pour les Algues.

M. le prof. Sachs dit dans son *Traité de botanique* (trad. van Tieghem, 1874, p. 282) à propos de la structure de la membrane cellulaire chez les Algues : « En général, il y a une tendance à la transformation de la paroi cellulaire en mucilage, et ce phénomène joue souvent le rôle le plus important dans l'émission des cellules reproductrices. La lignification se montre au contraire rarement, peut-être même jamais, et c'est seulement par un dépôt considérable de silex (*Diatomées*) ou de carbonate de chaux (*Acetabularia*) que la membrane cellulaire acquiert une grande solidité; la plupart des Algues qui consistent en tissu cellulaire sont flexibles, élastiques, onctueuses au toucher. Quelquefois la membrane cellulaire tout entière, ou certaines de ses enveloppes sont vivement coloriées. Son accroissement en épaisseur est généralement à peu près uniforme sur toute la périphérie de la cellule; il se forme souvent de fortes proéminences sur la face externe ; sur la face interne la localisation de l'épaississement ne se fait remarquer, dans les cellules unies en tissu, que par la formation de ponctuations simples... La cuticularisation des couches externes ne progresse jamais bien avant dans l'intérieur, et la cuticule demeure ordinairement mince. »

Voilà l'opinion d'un des plus grands botanistes modernes, et d'un investigateur de premier mérite, dont nous nous honorons d'avoir entendu les leçons. Il ne peut après cela être question d'une conservation du corps de l'Algue telle que la demande M. de Saporta pour les Cruziana, Bilobites, etc. Cet auteur du reste parle contre lui-même quand il cite M. Grand'Eury

dans la note placée au bas de la page 67 des *Algues fossiles* : « ... Les Algues se décomposent en une matière gélatineuse, demi-fluide, dans le limon aussi bien que dans l'eau, et leur forme disparaît généralement. »

Et dans le même ouvrage il invoque, pour soutenir la fossilisation de ces plantes en demi-relief, un phénomène de pression sur des corps aussi mous !

Les corps placés entre deux couches dont l'une est en voie de formation ne peuvent donc produire de demi-relief à la face inférieure de cette dernière; encore moins des Algues le peuvent-elles; pour que des demi-reliefs existent il faut nécessairement que le négatif, c'est-à-dire le creux, en ait été moulé auparavant dans la couche inférieure; ils proviennent, en un mot, tout simplement du *remplissage d'un sillon creusé* à la surface de cette couche; or ce sillon ne peut avoir été formé que par une action mécanique, n'importe laquelle; et puisqu'il ne peut être question de restes de plantes, la cause doit en être cherchée dans l'action d'un corps, en mouvement ou au repos, à la surface de cette couche.

Je ne parle pas de l'énorme pression, qu'il serait facile de calculer, qu'ont subie les couches à *Cruziana*, c'est-à-dire le Silurien, pression bien supérieure à celle de la plupart des couches tertiaires, où des corps ligneux sont aplatis. Dans nos charbons schisteux *diluviens* d'Utznach des troncs de sapin originairement cylindriques sont tellement écrasés que le rapport des deux axes de l'ellipse que forme leur coupe transversale est de 1 à 3,6 (20 à 70). Et des Algues siluriennes, cryptogames cellulaires, devraient avoir fourni des demi-reliefs !

Nous voyons donc, d'après ce qui précède, que nous devons exclure de la classe des Algues et de tout le règne végétal, les formes que nous avions rangées dans notre première catégorie établie plus haut; nous les avions déjà énumérées, ce sont entre autres :

Chrossochorda, *Cruziana*, *Harlania*, *Sphirophyton*, *Alectorurus; Helminthopsis*, *Gyrochorte*, *Cylindrites; Helminthoidea*, *Palæodictyon*, *Münsteria*.

Je n'ai eu à ma disposition qu'un très petit nombre d'Algues fossiles étrangères; il y a une quantité de genres dont je ne puis pas parler, et il est probable qu'il faudra de beaucoup allonger cette liste.

CHAPITRE V

Formes de la seconde catégorie. Matière fossilisante; matière organique.

En opposition absolue aux premières, ces formes-ci se présentent sous l'aspect de cylindres ou de membranes plus ou moins écrasés, se dessinant à la surface ou dans l'intérieur des couches. Ils sont remplis, dans la plupart des cas, de la matière même de la roche, avec addition cependant, le plus souvent, d'une substance noire, qui les fait se détacher vivement sur le fond.

Nous l'avons dit plus haut, il n'y a aucune transition entre ces deux catégories : jamais on ne trouve de *Cruziana* à l'état de cylindres dans l'intérieur d'une couche; jamais non plus de *Chondrites* ou d'*Halymenites* à l'état de simples demi-reliefs à la surface d'un feuillet de schiste. Il est donc à présumer que les éléments de ces deux séries doivent respectivement leur formation à des agents entièrement différents.

Dans la seconde, le cylindre ou le feuillet, si écrasé, si déformé qu'il soit, est toujours reconnaissable. Nous avons devant nous des *corps isolables,* des individus qui occupent un certain espace dans les trois dimensions, et non plus seulement de simples accidents à la surface d'une couche reproduits et conservés par un moulage postérieur.

La matière fossilisante de ces corps est la roche environnante elle-même, quelquefois d'un grain plus fin ; elle est le plus souvent (nous ne connaissons qu'une seule exception) d'une couleur noire, que l'on croit assez généralement due à de la substance organique. Ceci pose une question de la plus haute importance pour notre sujet, et que nous allons examiner en détail.

Matière organique. Le moyen le plus communément employé pour en reconnaître la présence est la calcination. Elle s'oxyde alors plus ou moins rapidement et disparaît. C'est ce qui arriva à un fragment de feuille de

Grewia crenata du Miocène inférieur d'Hohe-Rhone près Zurich, que je pris pour contrôle. Il ne resta plus sur la roche que l'empreinte de la feuille. Pour un fragment de fronde de *Cyatheites* de Saint-Étienne, il fallut déjà employer le chalumeau : là nous avons affaire à du lignite, ici par contre déjà à de la houille. Les esquilles d'anthracite demandent un dégagement de chaleur plus fort encore.

Cependant, ayant pris une fois une esquille un peu trop épaisse de roche avec *Grewia crenata*, et l'ayant calcinée à la lampe à gaz sur une lame de platine, la matière charbonneuse ne disparut que sur les bords; au centre elle se convertit en graphite brillant, la chaleur ayant été moins forte en cet endroit.

Si au contraire on calcine au bec de Bunsen, sans chalumeau, un fragment de Chondrite, on voit bien la roche devenir jaunâtre ou rougeâtre par suite de l'oxydation du fer, mais le Chondrite conserve absolument sa couleur primitive; celle-ci disparaît cependant lorsqu'on choisit une esquille très mince et qu'on souffle longtemps au chalumeau.

La loupe et le microscope nous donnent la raison de cette résistance : on voit clairement à la loupe que le corps noir du Chondrite est brillant comme du jais et a un aspect cristallin, un éclat presque métallique : la pression orotectonique a transformé le charbon en anthracite ou peut-être même en graphite, qui est beaucoup plus long à oxyder. Nous parlerons plus loin du microscope.

A la cassure fraîche de la roche, les Chondrites se distinguent à peine sur le fond gris du schiste. Une longue exposition à l'air oxydé fait prendre peu à peu à celui-ci une couleur gris clair, sur laquelle le Chondrite se détache vivement en noir ou, quand l'érosion mécanique en a enlevé la substance, au moins en gris foncé. Un traitement à l'acide chlorhydrique obtient le même résultat, plus rapidement.

Lorsqu'on veut étudier au microscope les organismes des charbons fossiles, il suffit de donner aux objets la transparence voulue; il faut dans ce cas oxyder la matière organique pour faire pâlir les préparations. On se sert à cet effet du *réactif de Schulze,* solution concentrée de chlorate de potassium dans l'acide nitrique; sous l'influence d'une chaleur douce on obtient bientôt une belle transparence; c'est à l'obligeance de M. le profes-

seur Schröter que je dois de connaître ce procédé. Si l'on traite de cette manière des Chondrites ils se comportent absolument de la même façon et prennent assez rapidement la couleur de la roche encaissante, de même des *Caulerpa, Halymenites, Sphærococcites, Hormosira.*

La présence d'une matière organique dans les formes énumérées ci-dessus me paraît maintenant suffisamment démontrée. Dans son premier ouvrage M. Nathorst l'admettait aussi; dans le dernier il la nie, de même que M. Th. Fuchs, du Hofmuseum de Vienne, qui lui écrivit à ce sujet une longue lettre reproduite dans les deux ouvrages. Ces deux savants se fondèrent sur le fait que la couleur noire ne disparaît pas à la calcination ; nous en avons vu la cause, et nous venons de constater qu'en présence de réactifs chimiques appropriés elle se comporte comme une substance charbonneuse.

Je ne prétends pas que tous les Chondrites présentent ce charbon, mais il est imprudent d'en nier l'existence d'une manière aussi absolue et aussi péremptoire que l'a fait M. Fuchs dans sa lettre qui, du reste, était peu inspirée du calme que doit revêtir toute production scientifique. C'est aller évidemment trop loin que de dire que les Fucoïdes du flysch ne renferment *jamais* de traces de charbon. M. Fuchs eût mieux fait d'être moins absolu et de tenir un peu plus compte de la structure et de la nature des Algues, de leur consistance et de leur possibilité de fossilisation. Nous présentons des faits indéniables, constatés par l'étude et le maniement de plus de 600 échantillons de Chondrites pour le moins, sans compter les nombreux exemplaires d'autres formes, parmi lesquelles beaucoup d'originaux d'Heer.

Les Fucoïdes de *notre* flysch renferment dans la règle une matière organique, c'est *ganz entschieden der Fall.*

Les grandes espèces, comme le *Chondrites affinis*, ont toujours une coloration beaucoup plus pâle que les petites; ceci provient probablement de ce que la substance charbonneuse y est proportionnellement moins abondante.

Les soi-disant Chondrites du Lias supérieur de la Betznau près Brugg sur l'Aar se comportent autrement. Ils se présentent sous forme de tubulures remplies de marne grise, plus claires que la roche et entremêlées de toutes façons.

Quand on en calcine des fragments au chalumeau ils deviennent noirs et dégagent une forte odeur empyreumatique; il s'en échappe même un gaz inflammable. Nous avons ici quelque chose d'analogue aux schistes à pétrole qui dans le Wurtemberg, c'est-à-dire dans le prolongement de la même zone, occupent le même niveau géologique. La substance organique qu'ils contiennent est un bitume animal. Il me paraît qu'il faut séparer ces Chondrites-ci d'avec les autres et y voir des corps d'une tout autre origine.

Quelle est maintenant la signification de cette matière organique ?

Dans son premier mémoire M. Nathorst dit que si l'on peut prouver que cette substance est de nature végétale, il range dans ce règne les formes qui la renferment; dans le second, avec M. Fuchs, il en nie la présence. Nous avons vu qu'elle existe indubitablement, et nous allons voir qu'elle a une importance capitale.

Toutes les expériences de M. Nathorst, auxquelles il cherche à comparer toutes nos Algues fossiles ou à peu près, ont exigé, pour se produire, un petit nombre d'heures, souvent même une seule nuit. L'animal n'avait donc que peu séjourné sur la vase, n'y avait laissé de lui qu'un peu de sécrétion muqueuse, un peu de salive, quelques excréments, mais le plus souvent n'y avait point péri. Prenons même le cas le plus favorable à la théorie du savant suédois, celui où l'animal fossile, ayant péri au cours de sa locomotion, y eût laissé sa dépouille. A cette place alors où il fût resté, son cadavre, dans des circonstances idéalement heureuses, eût pu se conserver, se convertir avec le temps en une matière bitumineuse et nous parvenir en cet état, *mais seulement en ce cas*, et nous ne trouverions cette matière que sur le point seulement où l'animal eût péri, à l'endroit où il se fût décomposé, sous forme de tache noire à l'extrémité d'une piste.

Je n'ai pas besoin de dire à des géologues combien les restes de bitume vraiment animal sont chose exceptionnelle et localisée, quelle réunion de facteurs la formation de ce fossile demande, et à combien peu se chiffrent les gisements de cette substance. Ce n'est que dans des cas extrêmement spéciaux, issus de circonstances particulièrement favorables que l'on retrouve d'une manière certaine la matière animale à l'état de bitume. Je

ne connais de sûr que le cas des Bélemnites du Lias de Leyne-Regis, dont la poche alvéolaire renferme encore quelquefois de « l'encre » séchée et durcie. L'origine des autres bitumes est encore douteuse et obscure.

Mais même la présence dans nos Algues de ce bitume animal admise, il est absolument impossible qu'il se trouve réparti également et uniformément sur *toute* la surface de l'«Algue » fossile ; il ne devrait exister qu'à la place où l'animal a péri, et où il est resté. Or le microscope nous montre cette substance répartie d'une manière égale et uniforme dans tout le corps que l'on examine.

Prenons encore un exemple. Le *Goniada maculata* Oersted, dont M. Nathorst compare les pistes toujours ramifiées à nos Chondrites, les forme de la manière suivante : montant de l'intérieur de la vase à la surface, il part horizontalement dans une direction; il revient ensuite en arrière jusqu'à un certain point, s'arrête, repart en déviant à droite ou à gauche, revient, part de nouveau, dans une autre direction, et répète cette opération un certain nombre de fois, sans qu'il y ait dans ces nombreuses ramifications la moindre régularité, ni qu'aucune ressemble à l'autre. Une des pistes des ailes est donc la dernière. C'est dans celle-ci seulement, c'est dans une seule du moins, que l'animal peut périr et où il peut laisser, dans des cas favorables, une matière capable de fournir du bitume; c'est cette piste seule qui peut être noire à l'état fossile, mais jamais tout l'ensemble de la forme; jamais liquide muqueux, ni salive, ni excréments n'ont eu cette propriété, ici je suis appuyé par des chimistes compétents.

Cette substance organique ne pouvant donc provenir d'un animal, il faut qu'elle dérive d'une plante, et voilà ce qui constitue l'importance de sa présence maintenant irréfutablement constatée.

J'aurais voulu faire des expériences pour chercher une preuve matérielle de sa nature végétale. Au cas d'une origine animale, elle eût pu renfermer encore quelques matières azotées ; mais il ne me fut possible d'en isoler qu'une trop petite quantité et je n'eusse eu d'ailleurs qu'une preuve négative qui aurait risqué de n'avoir aucune valeur : l'extrême délicatesse de l'opération eût en effet pu facilement m'empêcher de constater la présence de l'azote.

A défaut de cet appui nous pouvons invoquer d'autres preuves tirées de

l'analogie. Nous connaissons évidemment, de tous les terrains, beaucoup de pistes incontestables ; elles se présentent les unes en demi-reliefs, les autres en cylindres pleins, mais aucune ne renferme de charbon ou même de bitume plus que la roche environnante, aucune ne se distingue de celle-ci par sa couleur ou son aspect.

Nos formes de la seconde catégorie qui renferment régulièrement, ou du moins à l'ordinaire, une substance organique charbonneuse, sont donc d'origine végétale. D'autres formes de cette même catégorie ne renferment cependant jamais de charbon, par exemple les *Nulliporites*. M. Nathorst a observé des pistes qui se présentaient sous forme de tubulures dans l'intérieur même de la vase, et il y assimile ces *Nulliporites* du Jurassique. Oswald Heer se rangea à cette manière de voir ; leurs tubulures ne sont jamais remplies que d'une marne durcie.

CHAPITRE VI

Structure microscopique. Répartition des parties sur le corps de la plante. Symétrie.

La meilleure méthode pour étudier au microscope des Algues fossiles est d'en faire des plaques minces, opération assez rapide, mais délicate à cause de la fragilité de ces organismes. Les Chondrites en particulier sont promptement détériorés.

On voit alors que la roche schisteuse est composée de grains de quartz plus ou moins fins, cristallins, transparents, et d'une matière argileuse amorphe, translucide, grisâtre. Les schistes gris du Flysch et les ardoises de l'Éocène et du Lias n'offrent en effet de différence que dans la structure plus cristalline de ces dernières. Dans le corps de la préparation les Algues se distinguent dès l'abord comme des rubans d'un grain beaucoup plus fin, saupoudrés, c'est le mot, de parcelles charbonneuses opaques. La matière organique est donc disséminée partout dans l'Algue, *mais seulement*

là-dedans ; la roche elle-même n'en renferme point, ou excessivement peu. J'ai constaté çà et là les traces d'une paroi cellulaire, c'est-à-dire que les contours des fossiles étaient limités par un filet charbonneux. Mais je ne reconnus pas de vrais vestiges d'une structure cellulaire proprement dite. Les schistes ardoisiers du Flysch et du Lias sont à l'œil nu gris noir et les Chondrites se distinguent à peine par leur couleur à la surface des feuillets. Au microscope, cependant, la roche apparaît gris clair, parfaitement transparente, tandis que les Chondrites, dans toute leur masse, se présentent *brun noir et absolument opaques*, ce qui est la preuve irréfutable de la présence d'une matière étrangère à la roche elle-même. Dans ces ardoises les Algues ont à la vérité des contours plus tourmentés et plus déformés, mais aussi plus nettement et plus franchement limités. Ils ressortent plus vivement du milieu de la roche et donnent mieux l'idée de leur origine étrangère.

Cette structure microscopique de nos Algues, ce mélange intime des grains charbonneux et de la matière minérale nous expliquent parfaitement un fait avancé par MM. Nathorst et Fuchs contre la nature végétale de ces corps, c'est-à-dire qu'ils laissent au canif une rayure gris clair, ce qui ne devrait pas être, disent-ils, si ces formes étaient constituées par une substance organique. Sans doute, si nous avions affaire à des organismes transformés en charbon compact et présentant une certaine consistance : des rachis de *Pterophyllum*, des rameaux et même de fragiles feuilles de Conifères et d'Angiospermes présentent tous une rayure brune et même noire, mais aussi leur texture est toute différente ; ici le corps du fossile est conservé dans sa continuité, sinon dans son intégrité, et en le rayant on n'attaque pas du même coup la roche elle-même, comme cela arrive pour les Algues. C'est la roche, ce sont les grains intimement mélangés au charbon qui ont une rayure grise, et non le charbon lui-même. Cela nous explique aussi pourquoi le réactif de Schulze, bien que décolorant l'Algue, ne donne aucun résultat permettant d'en étudier la structure.

D'après ce que nous savons de la décomposition des Algues après leur mort et de la perte plus ou moins complète de toute structure organique, nous ne devons pas être surpris de ne pas trouver après leur mort trace de celle-ci, chez des organismes si frêles, si délicats et qui ont été soumis

à des actions mécaniques si intenses que ce fut le cas dans nos Alpes. Heureux encore si nous y retrouvons la substance qui les a constituées.

Mais si les Algues en question ne présentent plus d'organisation cellulaire, de structure microscopique, elles offrent dans leur ensemble un complexe plus ou moins symétrique sur lequel il est bon de s'arrêter un instant.

Le caractère distinctif, dans l'aspect morphologique de tout organisme animal ou végétal, est la présence d'une certaine symétrie distribuée selon des lois, et plus ou moins développée. Si des êtres unicellulaires n'en offrent presque pas de trace, elle apparaît plus évidente lorsqu'on s'élève dans les séries organiques. Dans la série animale, à un moment donné, de radiale elle devient bilatérale.

Dans la série végétale elle se manifeste tout aussi clairement, en ce sens que les organes latéraux d'une plante sont disposés autour de l'axe central suivant des relations déterminées. Cette symétrie existe même, à un moindre degré, chez les plantes inférieures, où on peut encore à peine parler d'organes différents, chez les Thallophytes par exemple. De leur côté les différentes parties de la plante, axiales ou adventives, ont des formes précises, déterminées, particulières.

Chez les Algues, la division du corps végétatif en parties extérieurement distinctes, à peine visible dans les types inférieurs, se complique et se perfectionne à mesure qu'on s'élève dans la série. C'est d'abord l'allongement de l'unique cellule en une tubulure (*Vaucheria*), puis une division en chapelet de cellules (*Spirogyra*), enfin une ramification ; celle-ci peut être monopodique ou dichotomique, c'est-à-dire unilatérale ou bilatérale. Il arrive même que ces végétaux présentent tout l'aspect d'une plante supérieure munie de sa racine, de sa tige et de ses feuilles, sans posséder la structure microscopique qui caractérise chacun de ces organes : c'est le cas dans certaines *Caulerpa*. Je renvoie pour plus de détails au Traité de botanique de M. Sachs, auquel j'emprunte ces quelques faits. La symétrie est donc une loi morphologique essentielle au monde organisé et que le monde inorganisé ne possède que dans quelques cas tout particuliers (cristaux). En avons-nous des exemples dans nos corps fossiles ?

Ici je puis revenir aux deux grandes catégories que nous avons précédemment distinguées. Dans la première nous constatons l'absence totale de symétrie en elle-même, ou s'il semble y en avoir une, elle provient de la symétrie des organes chez les animaux qui ont produit les pistes. C'est le cas en particulier pour les *Cruziana*, les *Gyrochorte*, dont la sculpture symétrique provient probablement de la disposition non moins symétrique des organes locomoteurs. Mais chez toutes les autres formes nous en remarquons l'absence complète, et comment en serait-il autrement? Même les *Helminthoidea* n'offrent dans leurs serpentines qu'une symétrie toute factice, interrompue à chaque instant sans raison apparente. Il n'y a aucune loi distributive. Au contraire, et ceci est vrai en même temps pour toutes les pistes dont il est question dans ce travail, leur direction et leurs allures, leur forme donc aussi, semblent inspirées par la fantaisie, le caprice les plus absolus. Témoin les *Helminthoidea*, *Helminthopsis*, *Gyrochorte*, les pistes figurées Pl. II, fig. 1, 2 et celles des expériences de M. Nathorst, même de *Goniada maculata*. Ceci m'amène à parler de notre seconde catégorie.

Ici, au contraire, nous trouvons cette véritable dichotomie symétrique dont il a été question à propos des Algues vivantes. Dans les Chondrites, la tige continue quelquefois droite jusqu'à l'extrémité et envoie à droite et à gauche des ramifications qui reproduisent à leur tour le dessin général de la plante, en portant des rameaux tertiaires. Je citerai le *Chondrites Bollensis* figuré dans Heer *Flora fossilis Helvetiæ*, Pl. XXXIX, fig. 5, 15, 16, Pl. XL, fig. 1[a] ; *Chondr. liasinus*, Pl. XLI, fig. 6 (ici l'absence apparente de symétrie est produite, comme dans bien d'autres cas, par le développement inégal de ramules opposés et la présence de quelques ramules impairs, probablement accidentels) ; le *Nulliporites hechingensis* de Pl. XLIII, fig. 5 est aussi dans ce cas ; de même les *Theobaldia circinalis*, Pl. XLIV, fig. 12, 13 ; les grands *Chondrites affinis*, Pl. LIX, fig. 1, 2 nous en donnent d'autres exemples, ainsi que l'*inclinatus*, Pl. LXI, fig. 1-6, les *Ch. Targionii arbuscula* et *intricatus*, Pl. LXII et LXIII. La symétrie existe aussi dans nos *Caulerpa*, surtout dans les formes complètes, que nous apprendrons à connaître plus loin. Je citerai enfin de ce mémoire la figure 1 de la planche III (*Ch. arbuscula* du Faehnern), fig. 5, Pl. IV (*Ch. intricatus*), fig. 6 (*Ch. patulus*), etc.

Il ne peut toujours être question dans les Algues de loi phyllotaxique proprement dite, car les parties latérales ne sont point, la plupart du temps, disposées en verticille ou en spirale autour de l'axe de la plante, mais en symétrie binaire des deux côtés de cette tige. Ceci paraît en particulier avoir été le cas pour nos Chondrites. Nous avons presque toujours des ramules opposés, rarement alternants, ou si ce cas paraît se présenter ce n'est qu'accidentellement. Les anastomoses que l'on croit observer chez les Chondrites d'après quelques figures de Heer ne reposent que sur une erreur de dessin, de même que les apparences de soudure de deux ramules; je me suis assuré que partout il y avait superposition simple de deux individus indépendants. Quant à la direction des ramules, elle varie selon les espèces établies jusqu'à maintenant; ce caractère est constant.

Les pistes de *Goniada maculata* présentent un tout autre aspect; celles que M. Nathorst croyait le plus devoir rappeler les Chondrites ont été figurées Pl. IX, fig. 1 de son premier ouvrage. J'ai reproduit en partie cette figure, d'après le moulage de l'empreinte originale, Pl. IV, fig. 4. Là les pistes envoient, à intervalles à peu près égaux, des ramules latéraux, mais c'est tout, et chacun de ceux-ci court dès lors pour ainsi dire à l'aventure, sans ordre ni règle, et aucun ne reproduit, comme dans les Chondrites, la figure même de toute la plante. Ces différences peuvent, il est vrai, tenir un peu à l'espèce de ver expérimentée; mais comme elles se produisent sur tous les exemples, elles en acquièrent un caractère de constance et de généralité qui leur donne bien quelque valeur dans la discussion et fait qu'on ne pourra jamais songer à rapprocher les pistes de *Goniada* de nos Chondrites ni aucune autre piste de quelque Algue de notre seconde catégorie.

Il y aura du reste toujours entre eux une grande différence, c'est que les pistes sont des empreintes et les Chondrites des cylindres ou au moins des membranes. M. Nathorst ne nous a pas encore montré de pistes produites sous ses yeux qui revêtissent cette dernière forme. Il a vu les Goniada sortir du limon et laisser derrière elles un trou vide, qui devait naturellement se refermer à mesure, à moins que l'animal n'en tapisse les parois de calcaire sécrétionné, ce que rien dans les Chondrites ne fait pressentir. Il est donc fort peu probable que l'on découvre jamais de pistes à l'intérieur

d'une couche, c'est le contraire pour les Algues, et ceci m'amène à parler de leur gisement.

CHAPITRE VII

Gisement et habitat des Algues fossiles.

Nous rencontrons ici une des plus sérieuses objections qu'on ait faites à l'opinion de Brongniart, Heer et consorts quant à la nature de nos organismes. Les Algues ne peuvent vivre que sur le roc, sur des cailloux ou sur d'autres Algues, ou en flottant à la surface de l'eau. Elles ne sauraient vivre dans la vase et c'est pourtant toujours dans une ancienne vase, devenue maintenant schiste argileux, que nous les trouvons, c'est-à-dire dans un milieu absolument hostile à leur existence. Il semble dès lors évident que ces formes peuvent à peine avoir été des Algues. M. Fuchs cite du grès de Vienne des Chondrites traversant les couches, qui auraient donc dû croître pendant le dépôt des schistes dans des conditions impossibles à supporter. J'ai vu des cas pareils, mais je n'ai pas trouvé que l'objection fût si forte. Dans les 300 ou 400 exemplaires de Chondrites du Flysch du Faehnern que j'ai pu examiner, voici ce que j'ai constamment vu : les Chondrites, en réalité, s'étalent à la surface des feuillets ou près de cette surface. La tranche des couches montre toujours les coupes des ramules sous forme de séries de petits filets noirs parfaitement parallèles entre eux ; à partir de deux à trois millimètres de cette surface, on n'en aperçoit plus ; il ne vaut donc point la peine de parler de pénétration, et cet argument perd de sa valeur. Beaucoup de nos feuilles de la mollasse présentent elles-mêmes cette pénétration et sont souvent recourbées, ployées jusqu'à enfermer entre leurs extrémités de un à deux centimètres de marne ou de grès ; c'est un fait que nous observons constamment et qui est naturellement dû au charriage.

L'argument tiré de l'habitat est plus grave. En paléozoologie, nous som-

mes plus ou moins accoutumés à trouver chaque organisme dans la région qui lui a été assignée par ses conditions d'existence. C'est le cas surtout pour les Mollusques et tous les animaux inférieurs. Pouvons-nous en dire autant des plantes ? Assurément non, sinon nous ne trouverions probablement aucune plante fossile — *non pas même des Algues*, que des rochers solides ou des conglomérats de cailloux ne peuvent fossiliser, — aucune flore terrestre, sauf les joncs, roseaux, nénuphars, etc., aucune feuille dans les lits de marne, de grès, dans les tufs ; seuls les lits de charbon nous offriraient les végétaux fossiles dans leur milieu primitif. Il faut donc admettre ici le charriage comme facteur à peu près constant, dans quelque mesure que ce soit, dans la conservation des plantes. Il est évident que nos Chondrites et autres Algues n'ont pas vécu à la place où nous les trouvons maintenant, et que là où ils ont vécu nous ne pouvons probablement pas les trouver.

De deux choses l'une : ou ces Algues furent arrachées du rivage et charriées dans la haute mer, ou ce furent des Algues flottantes. Je ne sais pour laquelle de ces deux hypothèses me décider ; peu importe du reste. Ces plantes ne sont nullement réparties d'une façon régulière ; ici elles abondent en vrais paquets, là elles font totalement défaut.

Mais le savant qui s'est élevé le plus fortement contre cet habitat des Chondrites, M. Fuchs, parle lui-même des Tangues des schistes calcaires éocènes du Monte-Bolca comme de vraies Algues, de même que celles des marnes miocènes de Radoboj. « Elles ont absolument l'aspect d'autres plantes, c'est-à-dire ce sont aussi des empreintes aplaties et recouvertes d'une mince couche de charbon. » M. Nathorst est aussi de cet avis. Parfait. Seulement, d'après ces deux savants eux-mêmes, ces plantes ne sauraient en aucune façon être des Algues, par la même cause que, selon eux, les Algues du Flysch, la question d'habitat ; les schistes calcaires du Monte-Bolca, comme les marnes miocènes de Radoboj, furent aussi en leur temps du limon et de la vase, milieux absolument hostiles à la venue et à la croissance des Algues. Pourquoi les Algues de ces gisements sont-elles donc de vraies Algues? Je le crois certes bien, mais dans ce cas nos Chondrites, Caulerpitées, Halymenites, Hormosires, etc., peuvent l'être aussi. L'argument que l'on opposait à Heer perd toute sa valeur en présence de

cette manifeste contradiction. Puisqu'il faut admettre un déplacement (charriage ou simple chute de la surface sur le fond extrêmement mobile et ténu de la mer), cette pénétration apparente des couches par les Algues s'explique tout naturellement.

Du reste, le fait est là : nous avons des corps végétaux fossiles au milieu de nos schistes ; on ne peut, me semble-t-il, plus le nier sous prétexte de n'y pas trouver d'explication satisfaisante. Ils y sont ; peu nous importe comment ils y ont pu venir, ceci est une autre question.

Résumant brièvement ce qui vient d'être discuté, nous pourrons dire que toutes les formes fossiles de notre première catégorie doivent avoir une origine mécanique, et qu'à elles s'appliquent entièrement les expériences et les raisonnements de M. Nathorst; tandis que celles de la seconde catégorie, du moins celles qui renferment dans la règle des restes de matière organique, sont des végétaux fosiles et fort probablement des Algues, puisque nous avons affaire ici à des plantes cellulaires.

CHAPITRE VIII

Opinions d'Oswald Heer et critiques générales.

Je n'ai pas l'intention de reprendre en détail l'étude des espèces et des genres énumérés par Oswald Heer dans sa Flore fossile suisse. Il en est quelques-uns dont à dessein je n'ai pas parlé, parce qu'ils font en ce moment l'objet d'une étude approfondie de la part d'un éminent paléophytologiste. Mais je voudrais cependant faire connaître les dernières vues de Heer au sujet de ce qui nous occupe; j'en dois la communication à l'obligeance de MM. les prof. Schröter et Nathorst.

Selon Heer, l'absence de matière organique n'est pas une preuve *contre* la nature végétale du corps fossile; par contre, la présence de cette substance est une preuve directe *en faveur* de cette nature. De même il trouve

pour ainsi dire hasardeuse la ramification des pistes de *Goniada*; dans les Chondrites nous avons remarqué qu'elle est soumise à des dispositions régulières.

Le *Nulliporites hechingensis* est peut-être une piste, car il n'a jamais de matière organique. Il est étonnant cependant que les cylindres qu'il forme ne se trouvent nulle part écrasés.

Les *Tænidium* ne sont nullement des Chondrites; leurs tubes sont divisés par des cloisons transversales. Ils ont une écorce charbonneuse. Leur segmentation nous empêche de les classer parmi les pistes. Les *Helminthopsis* et *Helminthoïdea* peuvent fort bien en être, cependant la forme de l'*Helminthoïdea appendiculata* cause à Heer quelques difficultés. Il ne voit non plus parmi les pistes rien de semblable aux *Palæodictyon*, qui se rapprochent au contraire des Algues du genre *Hydroclathrus*. Quant aux *Taonurus* et *Cancellophycus*, ils forment des vessies épaisses, avec une sculpture caractéristique et une vraie substance organique.

Plus tard Heer se rattache à l'opinion de M. Nathorst en ce qui concerne les *Helminthoïdées;* celui-ci explique du reste assez ingénieusement l'origine probable des appendices de l'*H. appendiculata*, en supposant que le ver eût rampé d'abord dans un sens jusqu'à l'extrémité d'une circonlocution, puis serait revenu en arrière à reculons en se détachant à un moment donné de cette première piste.

A ces raisons purement objectives, Heer en ajoute d'autres plus théoriques sur le mode de vivre des Algues : elles pouvaient s'attacher à des corps étrangers; il n'est pas dit non plus qu'elles aient vécu *in loco*, beaucoup peuvent avoir été charriées; quelquefois ces fucoïdes gisent en immenses quantités les uns sur les autres, et leur répartition est très inégale.

« Les Algues comme les Laminaires et les Fucus peuvent être amoncelées en telle quantité, qu'elles forment sur le rivage de véritables murailles; que celles-ci viennent à être recouvertes de limon, il se formera des rochers remplis d'Algues, et celles-ci traverseront la roche dans tous les sens. »

Au contraire de ce que M. Fuchs lui fait dire, il existe dans la flore actuelle des analogues aux Chondrites, par exemple les *Gigartina* et les *Gelidium*.

Les lettres où Heer expose ces idées ont été écrites pendant que M. Nathorst faisait ses expériences et avant l'apparition de l'ouvrage de celui-ci; le savant professeur de Stockholm ayant dès lors exposé ses réponses à ces objections, je me dispenserai de reprendre ce sujet.

Pour ma part, je reste indécis en présence des *Münsteria*, à cause de leur segmentation transversale. Je crois bien que ce ne sont que des pistes; mais de quoi? assurément pas de vers, car un ver en mouvement ne laisse après lui qu'une piste lisse ou peut-être seulement sillonnée longitudinalement.

M. de Saporta fait des *Tænidium* des empreintes de larves d'insectes, Heer fait observer que celles-ci n'ont jamais plus de 12 segments, 12 articles, tandis que ceux-ci sont bien plus nombreux chez les *Tænidium*. Heer ne défend plus que faiblement le *Gyrochorte*, dont M. Nathorst fait des pistes d'Amphipodes; et, d'après les dessins que ce dernier nous en donne, je me range aussi à son opinion.

Lorsque M. Schenk (Zittel : *Handbuch der Palæontologïe*, II^{e} vol. III^{e} livraison, p. 234) fait de plusieurs des soi-disant Algues de simples débris de végétaux supérieurs, il n'arrive qu'à reculer la question sans la résoudre. Quels étaient ces végétaux? d'où venaient-ils? Notre Flysch est marin, de même que toutes les couches dont il s'agit, ces plantes doivent donc selon toute probabilité être marines, car les rivages étaient fort éloignés. Ou bien si réellement ce sont des débris de plantes supérieures, c'étaient donc de plantes vasculaires dont nous devrions, parmi les mille et mille exemplaires d'Algues que nous connaissons, retrouver la structure; j'admettrais facilement qu'une fronde de fougère ou une feuille de dicotylédone se déchirât le long des nervures, qu'une feuille palminervée donnât peut-être après désagrégation une forme qui rappellerait les Chondrites, mais je ne vois ni dans ceux-ci ni dans d'autres « Algues » quelque chose qui dénote une structure vasculaire.

Dans son ouvrage *A propos des Algues fossiles*, à la p. 2, M. de Saporta s'exprime ainsi qu'il suit :

« Les auteurs ont eu rarement, il est vrai, l'occasion ou même la facilité matérielle de figurer des échantillons de cette nature, dont les détails

échappent à la main chargée de les reproduire, à raison même de leur délicatesse et de leur complexité, ils se contentent de quelques traits. Ces mêmes auteurs ont eu cependant les originaux sous les yeux; ils en ont saisi les caractères et compris le vrai sens. C'est à eux qu'il faut se fier, lorsqu'ils attestent la nature algologique d'un fossile sérieusement étudié. Comment admettre qu'ils se soient trompés si grossièrement et à tant de reprises, en retenant comme plante ou, si l'on veut, comme une production marine, ce qui ne constituerait au fond qu'une apparence dénuée de réalité. »

Je veux bien que dans certaines circonstances un échantillon soit malaisé à reproduire fidèlement; cependant la difficulté de l'exécution, alors qu'aujourd'hui les perfectionnements de l'industrie ont mis à notre service tant de procédés délicats, cette difficulté est plutôt une faible et mauvaise excuse. De plus, un auteur, quelque célèbre et renommé qu'il soit par des travaux de première valeur, n'a pas le droit de s'attendre et de réclamer qu'on le croie sur parole, qu'on admette comme certain quelque chose dont on ne peut soi-même se rendre compte, sur la seule foi de ce qu'il avance. C'est presque un blâme pour un travail lorsque l'auteur nous prie de ne pas nous fier à la généralité des figures, et l'espèce de vote de confiance qu'il réclame ne constitue nullement un procédé scientifique.

Je ne sache pas même que l'erreur dont M. de Saporta repousse si énergiquement l'accusation fût si blâmable ni répréhensible : elle constitue tout simplement une étape sur le chemin de la connaissance de la vérité. Il fut un temps où d'Orbigny associait les Rudistes aux Brachiopodes, où Pictet prenait les Aptychus pour des carapaces de Cirrhipèdes. Sommes-nous mieux fixés sur leur véritable nature? qui oserait le prétendre? Ce n'est pas d'un coup que la science arrive à un résultat. Il faut donc admettre non seulement la *possibilité* de l'erreur, mais même, *a priori* la *nécessité fatale* de son existence chez tout le monde.

CHAPITRE IX

Impossibilité de classification systématique des Algues fossiles.

Le principe fondamental qui préside à la classification des Algues vivantes repose sur la forme et la structure des organes reproducteurs; en second lieu vient la structure microscopique de la plante, enfin sa couleur.

En thèse générale, aucun de ces caractères distinctifs ne se retrouve chez les fossiles: seules les Algues calcaires (Lithothamnies, Nullipores) et siliceuses (Diatomées) nous ont conservé leur structure cellulaire. Nulle part on ne retrouve les organes reproducteurs assez bien conservés pour pouvoir en permettre l'étude certaine. La couleur a disparu par la fossilisation.

Le paléontologiste est donc obligé, pour apporter un peu d'ordre dans ses connaissances, de recourir à une autre base, et il a jusqu'à maintenant toujours fait appel à la *forme extérieure.*

Or, lorsqu'on compare entre elles un nombre suffisant d'Algues vivantes prises dans toute l'étendue de cette classe, on s'aperçoit bien vite de deux faits d'une importance capitale :

1o Une seule et même espèce d'Algue peut présenter, selon les cas, des formes extrêmement différentes. Je citerai comme exemple le *Nitophyllum punctatum* Grev. qui tantôt revêt l'aspect d'une membrane large et peu divisée, tantôt prend une forme plus svelte, plus découpée, rappelant les Chondrites; puis la *Sphacelaria scoparia* Lyngb., dont la forme d'hiver diffère totalement de celle d'été (voir pour plus de détails Harvey, *Phycologia britannica*); enfin beaucoup de Caulerpa sont dans ce cas.

2o Inversement, des Algues de genre et même de familles très éloignées peuvent présenter des formes identiques. Je n'ai pas pour cela d'exemples présents à la mémoire.

On conçoit dès lors combien la forme de l'Algue est un caractère sujet à

caution ou plutôt on constate que ce n'est absolument pas un caractère et que toute classification qui se base là-dessus n'a évidemment qu'une valeur toute conventionnelle, et qu'elle n'est établie qu'en vue de grouper d'une manière provisoire de nombreux matériaux.

Les anciens auteurs accordent en partie ce fait; Brongniart (*Hist. des végét. fossiles*, I, p. 37), dit : Les Algues forment « les deux familles des Ulvacées et des Fucacées, familles qu'il nous paraît difficile, dans beaucoup de cas, de distinguer à l'état fossile, leur caractère résidant essentiellement dans la disposition des corps reproducteurs et dans la nature du tissu qui compose leur fronde, caractères qui disparaissent le plus souvent dans les plantes fossiles. » Il dit bien que l'on sait reconnaître une Algue, mais ne donne pour les classer entre elles d'autre point de repère que la forme, et accorde qu'elle est extrêmement variable.

Les faits suivants le démontrent encore mieux : Brongniart a réuni sous le nom de *Fucoides intricatus* des individus du Jurassique et d'autres du Flysch; Heer a nommé *Chondrites inclinatus* des Algues de gisements éocènes et d'autres de provenance liasique. Il constate du reste à page 95 de la *Flora fossilis* que certaines espèces de ces deux terrains se ressemblent d'une manière étonnante, ainsi :

Chondr. intricatulus du Lias à *Ch. intricatus* du Flysch.
Chondr. bollensis du Lias à *Ch. inclinatus* du Flysch.
Chondr. liasinus du Lias à *Ch. arbuscula* du Flysch.
Chondr. divaricatus du Lias à *Ch. filiformis* du Flysch.
Chondr. Savii du Lias à *Ch. affinis* du Flysch.
Taonurus scoparius du Dogger à *T. flabelliformis* du Flysch.

Cependant il admet de vrais caractères distinctifs.

Il n'y a pas lieu de s'étonner de cette ressemblance frappante entre les Algues des différents âges ; c'est le fait général de tous les organismes inférieurs peu différenciés de posséder une grande constance de formes à travers les époques géologiques. On sait assez combien il faut quelquefois s'aider de considérations stratigraphiques pour distinguer entre elles deux espèces même de Brachiopodes, ce qui est une manifeste pétition de principe.

La forme donc ne constitue pas du tout, à elle seule, un caractère de

classification, et cependant, par la force même des choses, nous sommes réduits à l'invoquer elle seule. Il résulte de cela que nous n'avons pour la plupart des Algues fossiles de notions justes ni de genres ni d'espèces, que nous réunissons forcément sous un même nom des choses très différentes et que probablement nous en séparons d'identiques. Si déjà les deux grandes familles dont parle Brongniart sont très difficiles à reconnaître fossiles, combien plus des genres et des espèces de même valeur que les vivants ! Nous ne pouvons donc parler dans notre cas *ni de genres ni d'espèces* (sauf, je le répète, pour les Diatomacées et peut-être les Algues calcaires, dont la structure nous est conservée), mais seulement de *formes* différentes ; c'est un fait qu'il ne faut point perdre de vue quand on applique à ces organismes la nomenclature linnéenne.

La comparaison avec les espèces vivantes reposant sur un principe si instable que la forme, est dès lors d'avance entachée d'erreur. Il n'est donc nullement question d'une classification naturelle et vraiment scientifique des Algues fossiles ; nous ne savons au juste quelles sont les inférieures ni quelles sont les supérieures ; nous ignorons leurs rapports de filiation et de parenté, et il n'est pas possible de s'arrêter à en étudier l'évolution, quoique cela ait déjà été fait, car toute base nous manque.

Mais ce n'est pas tout.

Outre qu'une espèce peut devenir, dans les différents individus qui la composent, très dissemblable à elle-même, c'est-à-dire que ces individus peuvent différer beaucoup, le même individu peut, dans ses diverses parties, revêtir des aspects très différents. Cela paraît même être lié à certaines formes.

Les *Caulerpa* fossiles se présentent ordinairement sous la forme d'un axe couvert de phyllodes, ce qui lui donne assez l'apparence d'une mousse. Mais le Musée de Zurich possède environ trois ou quatre échantillons de ces Caulerpa, où la plante se termine par une forme identique aux Chondrites, surtout à *Ch. arbuscula.* Ce fait paraît avoir déjà été entrevu quelquefois, entre autres par Schimper qui, dans son *Traité de paléontologie végétale* (tome I, 159, Atlas, Pl. III, fig. 1), figure et décrit une *Caulerpa* qui se termine en une forme analogue aux Chondrites, mais sans entrevoir

les confusions et les rapprochements auxquels cela peut donner lieu. Heer ne parle nulle part d'une chose semblable. Je l'observai premièrement sur l'échantillon de Pl. V, fig. 4, puis de Pl. V, fig. 3; l'exemplaire fig. 5 provient d'Elm; il peut paraître moins probant, on pourrait croire à une simple superposition due au hasard. Mais l'original de la fig. 4 montre, vis-à-vis des deux traits noirs parallèles, que l'axe épaissi de la Caulerpa, très visible à l'œil nu, se continue sans interruption dans la tige chondritoïde qui forme l'extrémité supérieure de la plante. Ceci est encore visible dans fig. 2.

L'original de la fig. 3 appartient au Musée de St-Gall. Il me fut communiqué, par l'entremise de M. le professeur Dr Früh à Trogen, par M. le Dr Wartmann, directeur de cet établissement. C'est le plus beau que je connaisse. Je n'en donne ici qu'une reproduction d'après un dessin de moi, l'original ayant été, selon convention, figuré par héliogravure directe dans le *Jahresbericht der St-Galler naturwissenschaftlichen Gesellschaft* pour 1885 et 1886.

Heer a souvent signalé des cas de parasitisme d'une Algue sur une autre, ainsi dans la *Flora fossilis,* Pl. LVIII, fig. 1, où un *Chondrites intricatus* est fixé sur un *Halymenites.* Le Musée de Zurich renferme plusieurs échantillons apparemment analogues. Je dis *apparemment,* car il est très difficile de se rendre compte s'il y a réellement parasitisme ou simple superposition de gisement. Ni l'une ni l'autre de ces deux alternatives ne se présentent dans ces *Caulerpa ;* la preuve nous en est donnée par la continuation de l'axe épaissi ; c'est ainsi du reste que l'a déjà interprété Schimper.

On connaît donc jusqu'à maintenant cinq à six exemples de ce fait, mais des milliers de Chondrites sont répartis dans les diverses collections ; ce n'est donc pas que *tous* les Chondrites soient des extrémités de *Caulerpa,* mais bien, et cela ressort de soi-même, du mode essentiellement artificiel de notre classification des Algues fossiles, que nous réunissons sous un même nom des individus originairement très différents, aussi bien peut-être des *Caulerpa* que des Chondrites, il ne peut en être autrement, et que certains Chondrites ne sont probablement que des extrémités de *Caulerpa.*

Je conclurai donc cette partie comme suit :

Nous n'avons aucune notion sur les rapports génériques qui existent soit entre la généralité des Algues fossiles elles-mêmes, soit entre elles et les vivantes. Notre classification est artificielle, subjective ; les notions de genres et d'espèces dans le sens propre du mot disparaissent et font place à une convention tacite qui, faute de mieux, érige la forme extérieure en caractère distinctif. Ceci admis, on concédera qu'il ne peut être question d'une comparaison systématique des flores algologiques vivante et fossile, encore moins d'une histoire de leur évolution.

Il est une objection qu'on ne manquera pas de faire à cette thèse, c'est qu'en paléontologie, surtout en paléontologie végétale, nous sommes réduits en bien d'autres cas à nous baser sur des caractères accessoires. Nous classons les Mollusques d'après les dents ou la forme extérieure de la coquille, ignorant leurs véritables organes distinctifs. Nous devons classer la plupart des végétaux vasculaires d'après la nervation ou la disposition des organes foliaires, et nous ne le pouvons que rarement d'après les fruits. C'est vrai, mais n'oublions pas qu'à mesure qu'on monte dans la série organique, une loi capitale, base de la paléontologie, s'accentue de plus en plus, et cette loi est la *corrélation des organes*, c'est elle qui a permis à Cuvier et à Brongniart de jeter les bases de cette science. Grâce à elle, les organes d'un corps sont, dans leurs transformations, solidaires les uns des autres et participent dans une certaine mesure, selon l'importance de leurs fonctions, à la place plus ou moins élevée de l'individu dans la série ; la structure d'un seul permet de conclure par analogie au tout lui-même. C'est grâce à cette corrélation que Heer a pu tirer avec tant de sûreté ses conclusions, malgré les objections du plus grand nombre et les reproches qu'on lui faisait d'attacher tant d'importance à des caractères en apparence secondaires et malgré les doutes qu'on exprimait ouvertement sur ses résultats ; c'est qu'il avait reconnu même avant Ettinghausen la relation entre la structure anatomique de la feuille et les organes de reproduction, ceux qui nous servent à établir la systématique végétale ; il rejette lui-même comme facteur insuffisant la forme extérieure des feuilles, grâce à laquelle tant d'erreurs ont été commises, et l'admet tout au plus pour différencier les espèces d'un même genre. Mais en l'absence d'organes ou

au moins de parties distinctives, il n'y a nulle corrélation possible et cela même pose entre notre connaissance des Algues — les exceptions ci-dessus une fois faites — et celle du reste du règne végétal une barrière qui jusqu'ici n'a pas été franchie.

EXPLICATION DES FIGURES

(A moins d'indication contraire, tous les fossiles appartiennent au musée de Zurich. Grandeur naturelle.)

PLANCHE I.

Fig. 1. Helminthopsis magna Heer, du Lias de Ganei dans le Prættigau (Grisons). Le corps ne se distingue sur la roche que comme un bas-relief, sans aucun détail de structure, ni matière étrangère. Voir pour plus de détails Heer *Flora fossilis*, p. 116, Pl. XLVII, f. 2, dont cette figure est l'original.

Fig. 2. Helminthopsis hieroglyphica Heer (*labyrinthica* dans Heer, mais ce nom fut changé par l'auteur lui-même, pour éviter des confusions avec la forme du Flysch); Original de Heer, l. c., p. 116, Pl. XLVII, f. 4. Du même gisement. Il est facile de voir combien, reproduits par un procédé absolument objectif, les contours de l'objet sont moins précis que ne le feraient supposer les dessins, et combien cette forme revêt plus son aspect naturel, celui d'un simple bas-relief.

Fig. 3. Gyrochorte comosa Heer, du Lias des Spitzmeilen au sud du lac de Wallenstadt (Orig. Heer, l. c., p. 119, Pl. XLVI. f. 4). L'usure a fait disparaître la sculpture en tresse indiquée par les dessins de Heer. Pas de matière organique; l'empreinte ne se distingue en rien, par son aspect, de la roche environnante.

Fig. 4. Münsteria serpentina Heer, du Lias ou du Flysch de Ganei dans le Prættigau. La segmentation transversale est visible en certains endroits. Pas trace de matière organique. Comme ci-dessus, allures indécises, capricieuses.

PLANCHE II.

Fig. 1 et 2. Traces de vers sillonnées dans le sens longitudinal. De l'Helvétien de Reiden au canton de Lucerne. Moule négatif en bas-relief. Le dessin fait assez voir l'enchevêtrement sans ordre de ces pistes, et l'absence complète de matière organique.

Fig. 3. Pistes problématiques, du Flysch du Val d'Arda en Piémont. Dans leur milieu elles sont segmentées transversalement; les bords sont lisses. Aucune substanee organique.

Fig. 4. Helminthopsis hieroglyphica Heer. Du Lias de Ganei dans le Prættigau. Pistes moins sinueuses. Sur la même plaque on distingue d'autres pistes plus ténues, ramifiées, pouvant se rapporter à des vers. On voit l'irrégularité de leurs ramifications. A elles correspondraient probablement beaucoup des pistes signalées par M. Nathorst. Pas de substance organique.

Planche III.

Fig. 1. Chondrites Targionii var. arbuscula Heer. Du Flysch du Faehnern. Ramifications régulières, droites, caractéristiques. La substance charbonneuse fait détacher le corps de l'Algue en noir sur le fond gris de la roche.

Fig. 2 et 3. Moules de pistes de *Gonadia maculata* Oersted, annélide marin. La figure 2 est une reproduction de l'original de la figure 3, Pl. VI, du premier mémoire de M. Nathorst. On constate l'irrégularité, la confusion et le caprice des ramifications, opposées à la symétrie, à la constance de celles de Chondrites. La figure 3 n'a pas été donnée par M. Nathorst.

Fig. 4. Chondrites intricatus var. Fischeri Heer. Du Flysch du Faehnern. Exemplaire revêtu de sa matière charbonneuse, et distinctement arbusculé.

Planche IV.

Fig. 1. Chondrites rhæticus Heer. Du Lias de Ganei dans le Prættigau. La figure est malheureusement devenue un peu confuse, à cause de la teinte foncée de la roche. Cependant on constate la présence d'une matière charbonneuse, et de ramifications courtes, recourbées, assez régulières.

Fig. 2, 3 et 4. Moules de pistes de *Goniada maculata* Oersted. Originaux de Nathorst, Pl. VI, fig. 2; V, fig. 3; IX, fig. 1. Ce dernier m'a été spécialement signalé par M. Nathorst à cause de la régularité des ramifications, de leurs points de départ à intervalles égaux et de leurs alternances manifestes. Il me paraît cependant que c'est loin d'égaler ou même de rappeler ce que l'on trouve dans les Chondrites. Je ferai remarquer les sinuosités de leurs tiges, leurs extrémités constamment amincies et finissant en pointe.

Fig. 5. Chondrites intricatus Brongniart. Du Flysch du Faehnern A comparer avec les pistes de *Goniada*. Matière organique bien visible.

Fig. 6. Chondrites patulus Fischer-Ooster. Du Flysch de Reggio près Modène, Apennins. Grande

régularité dans les ramifications et les intervalles de leurs points de départ. Rectitude des tiges. Netteté des contours. La roche est d'un gris très clair, ce qui fait paraître la matière organique plus claire aussi, quoique très visible.

Planche V.

Fig. 1 et 2. Caulerpa filiformis Heer. Du Flysch du Faehnern. Orig. de Heer, l. c., Pl. LIX, f. 4, partim (la *Caulerpa* ramifiée que l'on observe au bas de la fig. 2 n'est pas dessinée dans Heer). Ces échantillons représentent la forme des *Caulerpa* telle qu'on la connaissait jusqu'à maintenant, et telle que Heer l'a figurée. On a vu plus haut que Schimper avait eu sous les yeux la forme complète, mais qu'il ne s'y était pas autrement arrêté.

Fig. 3 et 4. Caulerpa filiformis Heer. Du Flysch du Faehnern. Complètes, c'est-à-dire se terminant en forme chondritoïde. L'échantillon fig. 3 appartient au musée de Saint-Gall. Au bas de la fig. 2 on voit de même une partie d'une *Caulerpa* complète. Sur l'échantillon de la fig. 4 on peut distinguer des traces de l'axe central épaissi se continuant dans l'extrémité supérieure chondritoïde.

Fig. 5. Caulerpa filiformis s'épanouissant en une magnifique forme chondritoïde que Heer lui-même avait déterminée comme *Chondrites arbuscula*. Du Flysch de la Tschingel-Alp près Elm (canton de Glaris); les mots indiquant la provenance, et que l'héliogravure a reproduits, sont d'A. Escher de la Linth.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

Chapitre I. — Historique 3
Chapitre II. — Apparence extérieure. Deux catégories 6
Chapitre III. — Expériences de M. Nathorst 8
Chapitre IV. — Fossilisation en demi-relief. Formes de la première catégorie 11
Chapitre V. — Formes de la seconde catégorie. Matière fossilisante ; matière organique 16
Chapitre VI. — Structure microscopique. Répartition des parties sur le corps de la plante ; symétrie. 21
Chapitre VII. — Gisement et habitat des Algues fossiles 26
Chapitre VIII. — Opinions d'Oswald Heer et critiques générales 28
Chapitre IX. — Impossibilité de classification systématique des Algues fossiles 32
Explication des figures 37



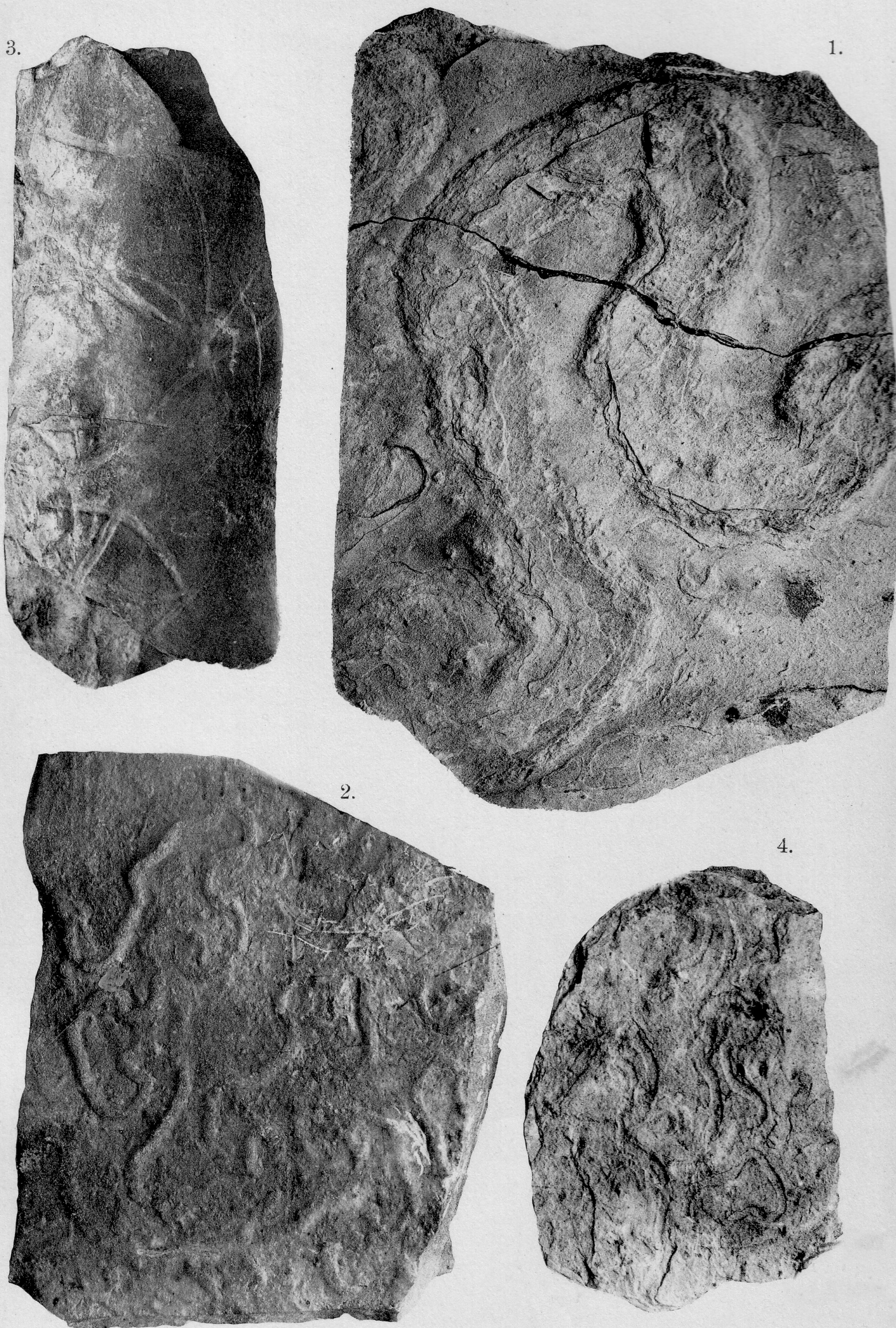
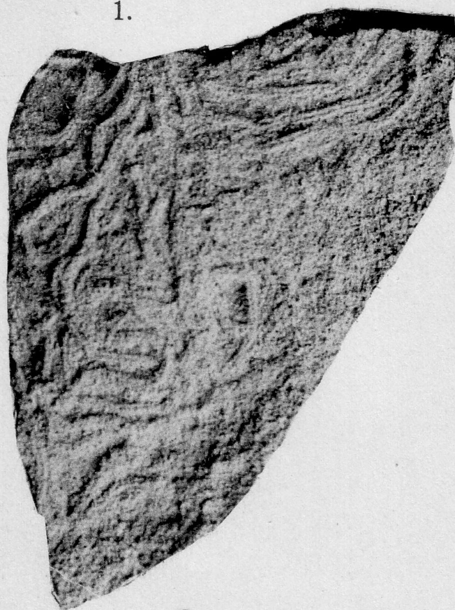
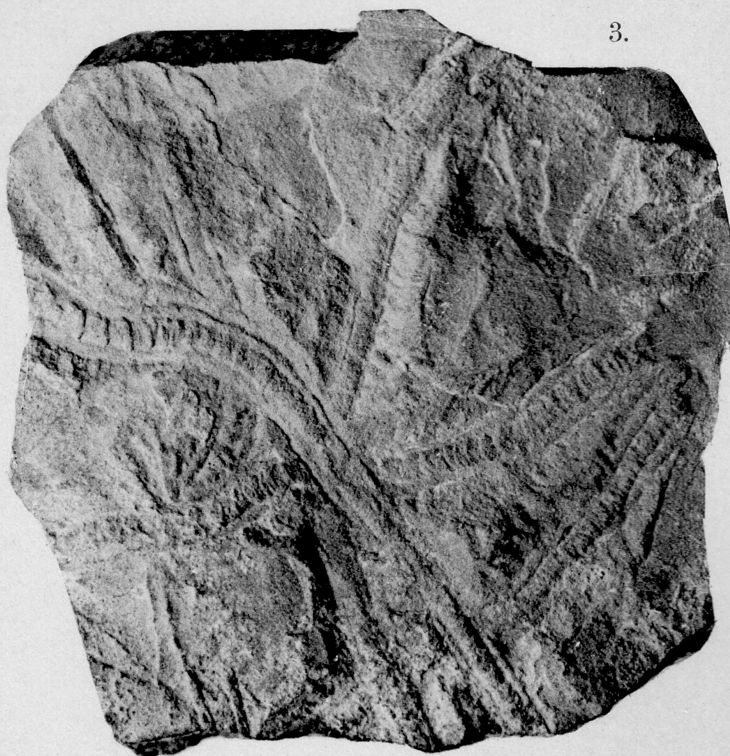


Fig. 1. Helminthopsis magna, Hr.
„ 2. Helminthopsis hieroglyphica, Hr.
Fig. 3. Gyrochorte comosa, Hr.
„ 4. Münsteria serpentina, Hr.

1.



3.



4.



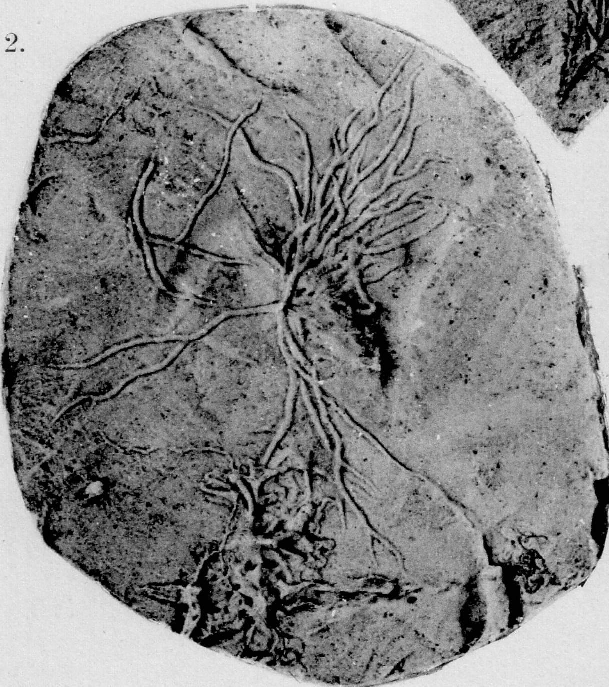
2.



Fig. 1, 2, 3. Pistes de Vers?
„ 4. Helminthopsis hieroglyphica, Hr.


1.


4.


2.

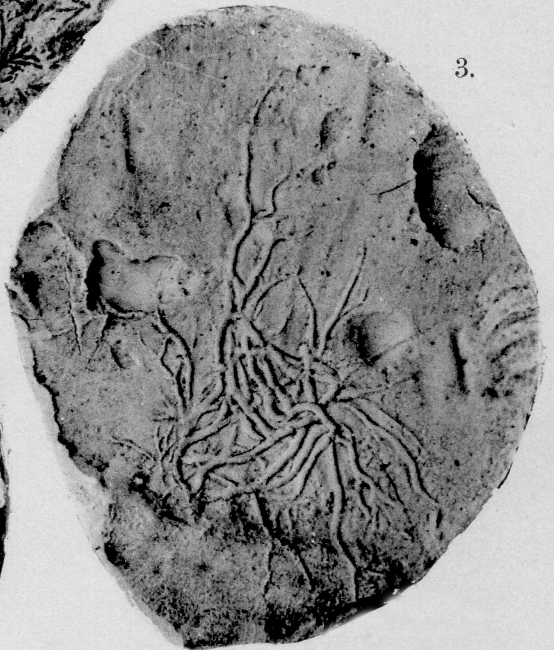

3.

Fig. 1. Chondrites Targionii, Br., var. arbuscula F.-O.
„ 2, 3. Pistes de Goniada maculata, Oersted (moulage).
„ 4. Chondrites intricatus, Br., var. Fischeri, Hr.

Lichtdruck von J. BRUNNER, Winterthur.

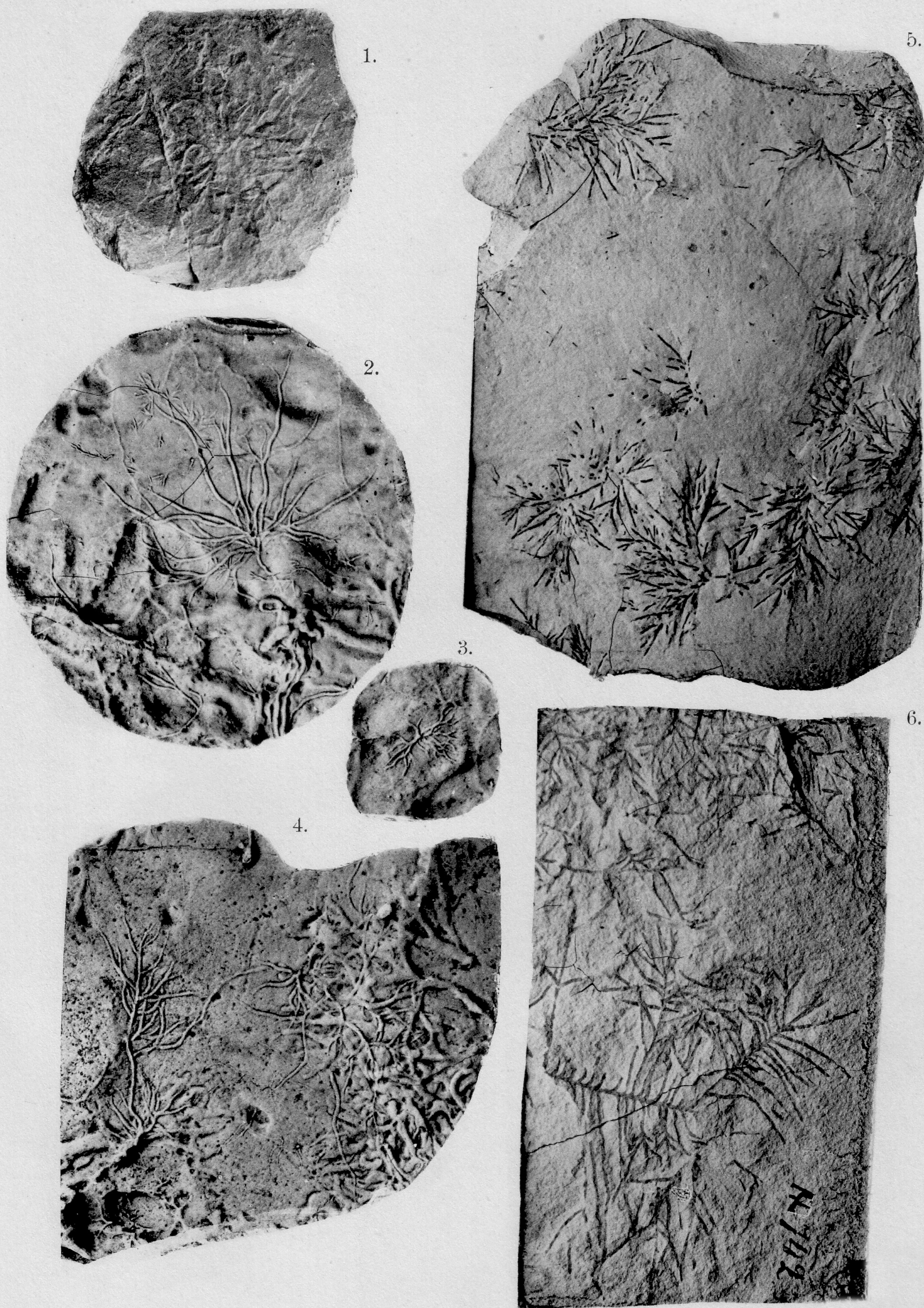


Fig. 1. Chondrites rhaeticus, Hr.
„ 2, 3, 4. Pistes de Goniada maculata, Oersted (moulages).
„ 5. Chondrites intricatus, Br., var. Fischeri, Hr.
„ 6. Chondrites patulus, Fischer-Ooster.

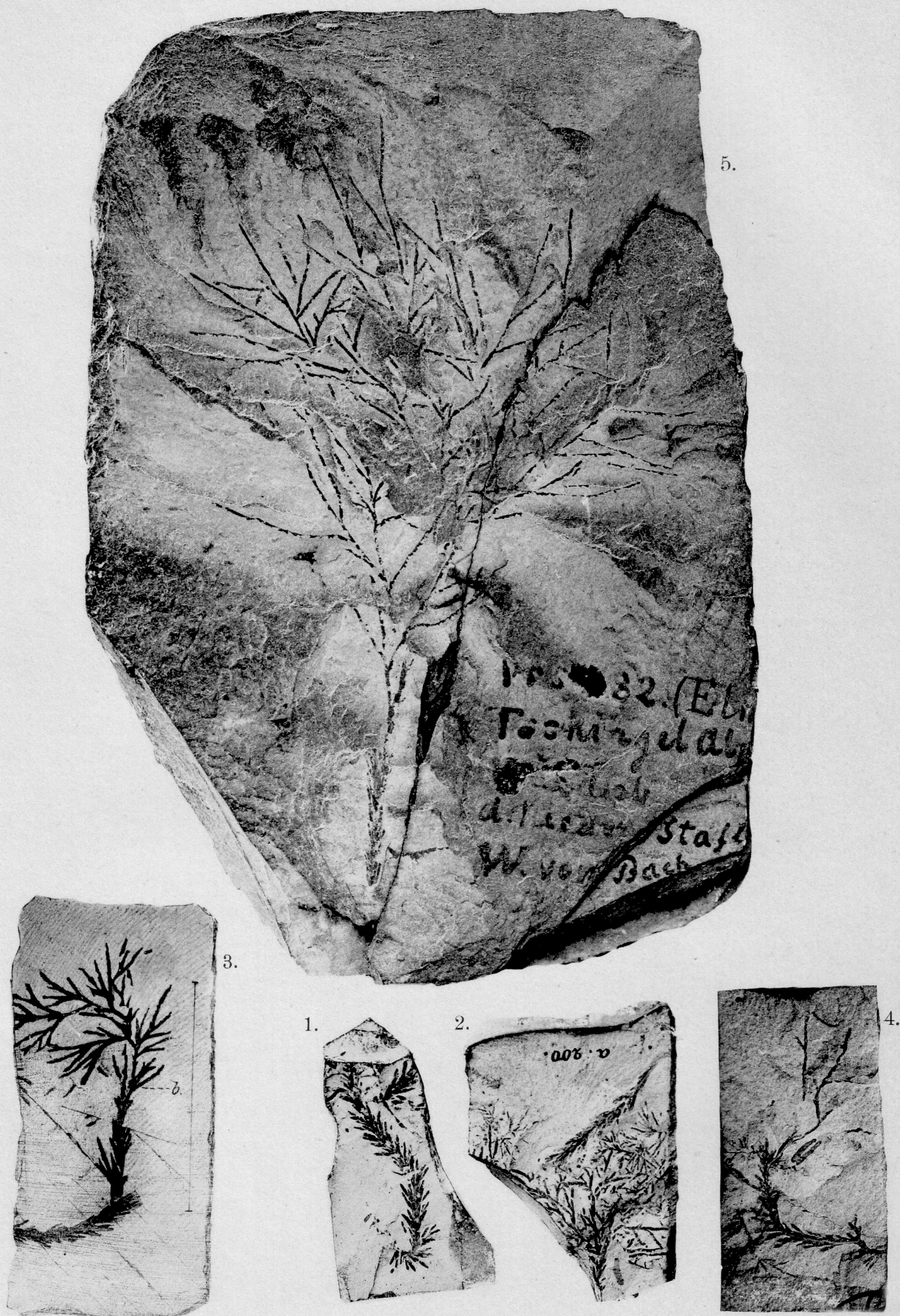


Fig. 1, 2. Caulerpa filiformis, Hr., tiges.
„ 3—5. Caulerpa filiformis, Hr., complètes.